



TITLE:

Environmental adaptation mechanism in marine annelids(Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

Ogino, Tetsuya

CITATION:

Ogino, Tetsuya. Environmental adaptation mechanism in marine annelids. 京都大学, 2019, 博士(農学)

ISSUE DATE:

2019-03-25

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k21830>

RIGHT:

許諾条件により全文は2022-07-27に公開; 学位規則第9条第2項により要約公開; 許諾条件により要約は2020-03-01に公開

(続紙 1)

京都大学	博士（農学）	氏名	荻野哲也
論文題目	Environmental adaptation mechanism in marine annelids (海産環形動物の環境適応機構に関する研究)		
(論文内容の要旨)			
<p>海産環形動物（多毛類）は、潮間帯から80℃を超える深海熱水噴出孔、さらには10,000 mを越す超深海まで、およそ全ての海底環境に適応している。そのため、海産環形動物は優れた環境適応能力を有していると考えられるが、その分子機構などについては不明な点が多い。本論文は、熱水噴出孔に生息するマリアナイトエラゴカイ (<i>Paralvinella hessleri</i>) と、沿岸域の底泥中に生息するイトゴカイ (<i>Capitella teleta</i>) の2種について、酸、活性酸素種、貧酸素等の環境要因に対する応答を調べ、海産環形動物の環境適応の分子機構の解明を試みたものであり、以下のように要約される。</p>			
<p>1. 熱水噴出孔に適応しているマリアナイトエラゴカイは、様々な環境ストレスに曝されるが、本研究においては酸と活性酸素種によるストレスに注目した。明神礁カルデラの水深 1,294 mから採取したマリアナイトエラゴカイを船上で実験に用いた。スライドガラス2枚を平行に3 mm離して作った溝にカバーガラスをかぶせて棲管を模倣した環境を再現し、その溝にマリアナイトエラゴカイ1個体を頭部が外部に露出するように挿入した。挿入は自律的な後退運動を利用した。頭部に酢酸、過酸化水素を10μL滴下し、10秒間の頭部移動距離を測定し、試行間の比較を行った。その結果、0.1% (v/v) 酢酸、0.03% (v/v) 過酸化水素に対して本種は逃避行動を示した。本種が逃避行動を示した濃度を沿岸性の近縁種である <i>Thelepus</i> sp.と比較すると、およそ10-100分の1の低濃度であった。次にこれらの物質に対する感知分子を特定するために薬理学実験を行ったところ、ルテニウムレッドに逃避行動抑制効果が認められた。ルテニウムレッドは脊椎動物や無脊椎動物の環境感知分子として知られる Transient Receptor Potential (TRP) チャネルの非選択的阻害剤であることが知られていることから、本種の酸と活性酸素感知にTRP チャネルが関与していることが明らかとなった。以上の結果から、マリアナイトエラゴカイはTRP チャネルを介して環境ストレスを高感度に感知し逃避することで、曝露量を最小限に抑えることが可能となり、熱水噴出孔環境に適応できたと考えられる。</p>			
<p>2. 沿岸域の底泥中に生息するイトゴカイは、夏の貧酸素水塊発生時に個体数が減少することから貧酸素感受性を有することが予想された。そこで、イトゴカイの貧酸素に対する応答を調べるため、バイアル瓶中に底泥を模したガラスビーズを加え生息環境を再現し窒素曝気により貧酸素条件を与えた。その結果、イトゴカイは貧酸素状態で、生息環境である底泥から逃避する行動を示した。次に、貧酸素を感知する分子を調べるために薬理学実験を行ったところ、哺乳類において貧酸素誘発性の行動応答を司るTRPA1チャネルの阻害剤A-967079を投与することで逃避行動が抑制された。そこで <i>C. teleta</i> からTRPA1ホモログを単離し、系統解析を行ったところ本遺伝子は <i>TRPAbasal</i> に分類された。本遺伝子が貧酸素感知能を有するかを調べるためにドメイ</p>			

ン構造を解析したところ、本遺伝子は哺乳類TRPA1において貧酸素感知に重要な oxygen dependent degradation domainを有しており、イトゴカイの貧酸素感知への本遺伝子の関与が示唆された。また *in situ* hybridizationにより *TRPAbasal*は環形動物の感覚機能が集中する前口葉に特異的に発現していることが明らかとなった。以上の結果から、イトゴカイはTRPAbasalを介して貧酸素を感知し逃避行動をとることで、沿岸域底泥に適応できたと考えられる。

3. イトゴカイの貧酸素感知後の生理的応答機構を明らかにするため、貧酸素曝露時に発現が変動する遺伝子をRNA-seqによって網羅的に探索した。また、成長段階に応じた貧酸素応答の差異を調べるため、体長について0.4-0.6 cm と1.2 cm以上の2区を用意した。発現変動遺伝子数を調べたところ、各成長段階に共通した発現変動を示す遺伝子数に比べ、特異的な変動を示す遺伝子数が多く、成長段階に応じて貧酸素応答が異なる可能性が示唆された。各成長段階に共通して発現が顕著に上昇した遺伝子の中にHeat shock proteinと予想される遺伝子が複数見つかったことから、イトゴカイは貧酸素時及び酸素回復時に生じる酸化ストレスへの耐性を向上させる適応機構を有していることが示唆された。さらに貧酸素曝露によって、イトゴカイはグロビンファミリーに属する遺伝子の転写を強く促進または抑制した。特に、酸素運搬を担う赤血球ヘモグロビンと予想されたグロビン遺伝子の発現量の変動が顕著であったことから、イトゴカイは貧酸素条件下において酸素獲得・運搬に関わるグロビン遺伝子の分子種を切り替えることで、貧酸素環境下での生存性を高めていると考えられる。

本研究により海産環形動物はTRPチャネルファミリーを介して有害な環境要因を感知し、逃避行動を示すことが明らかとなった。さらに、イトゴカイの貧酸素環境への適応においては、酸素獲得に重要なグロビン遺伝子の分子種の切り替えが生じていることが明らかとなった。以上の知見は、海産環形動物の環境要因に対する応答の分子機構の解明を前進させるだけでなく、気候変動や人間活動によって刻々と変動する海洋環境が生態系に及ぼす影響の予見に応用することが可能であると考えられる。

注)論文内容の要旨と論文審査の結果の要旨は1頁を38字×36行で作成し、合わせて、3,000字を標準とすること。

論文内容の要旨を英語で記入する場合は、400～1,100 wordsで作成し
審査結果の要旨は日本語500～2,000字程度で作成すること。

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

海産環形動物(多毛類)は優れた環境適応能力を有しており、非常に多様な環境下で生息している。しかし、環境適応能力に関する分子機構などについてはほとんど解明されていなかった。本論文は、熱水噴出孔に生息するマリアナイトエラゴカイと沿岸域の底泥中に生息するイトゴカイの2種について、化学刺激、貧酸素等の環境要因に対するセンサーの同定と体内の遺伝子発現変化を検討したものである。成果として評価できる点は以下の通りである。

1. 深海熱水噴出孔から採取したマリアナイトエラゴカイは、0.1% (v/v) 酢酸、0.03% (v/v) 過酸化水素に対して逃避行動を示した。この値は沿岸性の近縁種であるイトゴカイと比較すると、およそ10-100分の1の低濃度であった。この逃避行動はTRPチャネルの阻害剤で抑制され、マリアナイトエラゴカイはTRPチャネルを介して環境ストレスを高感度に感知し逃避することで、曝露量を最小限に抑え、熱水噴出孔環境に適応できたことが示唆された。

2. 沿岸域の底泥中に生息するイトゴカイを貧酸素に暴露するとTRPA1チャネルに依存する逃避行動を示すことを示した。イトゴカイのTRPA1はTRPAbasalに分類され、貧酸素感知に重要なoxygen dependent degradation domainを有していることを示した。イトゴカイは感覚機能が集中する前口葉に特異的に発現しているTRPAbasalを介して貧酸素を感知し逃避行動をとることで、沿岸域底泥に適応できたことが示唆された。

3. イトゴカイの貧酸素環境下ではグロビンファミリーに属する遺伝子の転写を強く促進または抑制していることをRNA-seq法により示した。イトゴカイは酸素獲得・運搬に関わるグロビン遺伝子の分子種を切り替えることで、貧酸素環境下での生存性を高めていることが示唆された。

以上のように、本論文は、ほとんど知見のない海産環形動物の環境に対するセンサー分子の同定と体内での応答を明らかにしたものであり、海洋生物機能学、海洋生物生態学、海洋無脊椎動物学の発展に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士(農学)の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成31年2月18日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士(農学)の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。

また、本論文は、京都大学学位規程第14条第2項に該当するものと判断し、公表に際しては、当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。

注) 論文内容の要旨、審査の結果の要旨及び学位論文は、本学学術情報リポジトリに掲載し、公表とする。

ただし、特許申請、雑誌掲載等の関係により、要旨を学位授与後即日公表することに支障がある場合は、以下に公表可能とする日付を記入すること。

要旨公開可能日： 年 月 日以降(学位授与日から3ヶ月以内)